(Aus dem wissenschaftlichen Laboratorium [Prof. *Adrion*] der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz [Leiter: Prof. *Schroeder*] des Zahnärztlichen Instituts der Universität Berlin)

Experimentelle Untersuchungen zur Frage des Pulpenschutzes durch Lacke unter Silicatzementfüllungen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde bei der medizinischen Fakultät an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

FRITZ GEBERT

Zahnarzt in Berlin.

274

Tag der Promotion: 31. März 1933

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Dekan: Prof. Gocht

Referent: Prof. Adrion

Korreferent: Prof. Schroeder

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts kennt man in der Zahnheilkunde die Silicatfüllungen. Unter dem Namen „Aschers Zahnschmelz" wurde das Silicat im Jahre 1902 zuerst in den Handel gebracht. Und ebenso schnell, wie man die kosmetischen Vorzüge schätzen lernte, machten sich auch die Nachteile dieser Füllungen bemerkbar. Neben Verfärbung und mangelnder Klebkraft war es vor allem das Absterben der Pulpa, für das das Silicatzement verantwortlich gemacht wurde. Mit dieser Tatsache beschäftigten sich Autoren wie *Dieck*, *Fasoli*, *Masur*, *Palazzi*, *Sprungmann*, *Rebel*, *Rohrer*, *Wustrow* u. a. Während man zunächst noch an eine Schädigung der Pulpa durch Arsen glaubte in der Annahme, daß das Silicatzementpulver Arsen enthielte, fand man bald heraus, daß der Gewebstod der Pulpa durch Phosphorsäure der Flüssigkeit entstand. Im Gegensatz zu den Zinkphosphatzementen, unter denen ein Pulpentod bei entsprechender Konsistenz nicht eintritt, ist es bei den Silicaten = Aluminiumphosphaten[1] die starke Wasserdurchlässigkeit, auf Kontraktion und Porosität beruhend, durch die die sauren Salze rasch zur Pulpa transportiert werden (*Masur*). Es besteht nun eine Möglichkeit, den Pulpentod unter Silicatfüllungen zu vermeiden, indem man die schädliche Wirkung der Silicatzemente ausschaltet, und so kam man schon sehr bald dazu, die sog. Unterfüllungen unter Silicatfüllungen zu legen.

Man kann im ganzen zwei Arten von Unterfüllungen unterscheiden, und zwar die festen und die mehr oder weniger flüssigen. *Sachs* benutzte als Unterfüllung Zement mit Eugenolzusatz, andere nahmen Fletscherthymol, Guttapercha oder Wachs, ja sogar Leukoplast. *Feiler* empfiehlt im Jahre 1910 Goldfolie als einfachstes Mittel. Am häufigsten verwandt wird wohl gewöhnliches, dick angerührtes Phosphatzement auch heute noch, während *Truffert* und *Gelley* (Paris) Zinkoxyd-Eugenol vorziehen. Schließlich sei als Übergang zu den flüs-

[1] Silicate bestehen nach *Kulka* aus: Pulver: Aluminiumoxyd, Berylliumoxyd, Calciumoxyd, Magnesiumoxyd, Zinkoxyd, Natronoxyd, Kieselsäure, Aluminiumoxyd (Aluminatverbindung), Phosphorsäure, Fluor; Flüssigkeit: Wäßrige Orthophosphorsäure, in der gelöst sind Aluminiumoxyd, Magnesiumoxyd, Zinkoxyd.

sigen Unterfüllungen noch Chloropercha, d. h. in Chloroform gelöste Guttapercha, erwähnt. Allen diesen Mitteln haftet, nach der Meinung vieler, der Fehler an, daß das Legen einer Unterfüllung aus Fletscher oder Zement genau so viel Zeit und Sorgfalt beansprucht wie das endgültige Füllen des Zahnes mit Silicat. Der eigentliche Vorwurf aber, den man dieser Art von Unterfüllungen gemacht hat, ist ein anderer: Jede Kavität, die zur Aufnahme einer Silicatfüllung dienen soll, wird mit einem Steinchen und umgekehrt kegelförmigen Bohrer im Sinne der Kavitätenpräparation *Blacks* gestaltet. Widerstands-, Retentions- und Erleichterungsform bieten Gewähr für den exakten Sitz der Füllung. Man verzichtet also bewußt auf Unterschnitte, die die Kavitätenwände nur schwächen können; nicht stichhaltig ist also der Einwand, daß durch die obengenannten Unterfüllungen Haftpunkte verwischt werden. Erforderlich ist jedoch die nochmalige Kavitätenpräparation, um wieder eine Retentionsform zu schaffen, besitzen doch die Silicatfüllungen, wie *Kulka* festgestellt hat, keinerlei Klebkraft. Diesem Vorwurf begegnet *Pichler*, der dazu rät, nach Art der *Robiczek*schen doublierten Amalgamfüllungen das Silicat einzufüllen, solange die geringe Unterfüllmenge des Zementes noch weich ist; so bleibt die Retentionsform erhalten, der Pulpenschutz ist gegeben, weil die offenen Dentinkanälchen abgeschlossen werden. In diesem Zusammenhange muß betont werden, daß nach Untersuchungen von *Idolski* auch bei den gewöhnlichen Phosphatzementen nicht von einer Adhäsion gesprochen werden kann. Es hat sich gezeigt, daß die Klebkraft des Zementes durch das Auftreten eines Zwischenkörpers, Calciumphosphat, vorgetäuscht wird, wenn man Phosphatzement mit der Zahnsubstanz in Verbindung bringt.

Sicherer ist also zweifellos der gewöhnliche, aber unbequemere Weg: das Phosphatzement wird als Unterfüllung nur eben noch gut plastisch angerührt in die Kavität gebracht; danach erfolgt das Finieren der Ränder und Wiederherstellung der ursprünglichen Form. *Frey*, *Rebel* u. a. lehnen das Zement deshalb ab, weil unter bestimmten Bedingungen (weite Dentinkanälchen, tiefe Caries usw.) auch trotz und wegen dieser Unterfüllung die Pulpa abstirbt. Man war also bemüht, die Säure als Bestandteil einer Unterfüllung und überhaupt diese selbst in ihrer ursprünglichen Form aufzugeben und durch eine andere Zwischenschicht zu ersetzen.

So kam man dahin, Lacke als Isoliermaterial zu verwenden. Es liegt auf der Hand, daß die Anwendungsweise dieser flüssigen Unterfüllungen denkbar einfach und schnell vor sich geht. In kurzer Zeit wurde auch eine Fülle von Fabrikaten auf den Markt gebracht, deren Hauptbestandteil zumeist Harze sind, die in einer flüchtigen Flüssigkeit gelöst sind. Bekannt ist *Kulkas* Obturasol, das nach Angabe des Herstellers „den Eintritt der Säure ins Dentin" verhindern soll; es besteht aus Harzen, Kalksalzen, Collargol und Thymol, die in Alkohol gelöst sind. Nach *Kulka* binden Harze adsorptiv Phosphorsäure und deren Salze leidlich, dagegen fast ganz Kieselsäure der Aluminiumphosphatzemente. Durch Calcium wird die Phosphorsäure zu Calciumphosphat gebunden (Calcium ist auch Bestandteil von *Linkas* Adhäsin), Thymol ist Antisepticum, Collargol soll ein Anregungsmittel zur Bildung sekundären Reizdentins sein. *Wustrow* und *Fränzel* berichten über den Zaponlack, letzterer empfiehlt ihn als Unterfüllung

mit Thymolzusatz noch im Jahre 1913, während *Wustrow* den Zaponlack (= Auflösung von Celloidin in Aceton) als unzuverlässig ablehnt. Derselbe Forscher hat als sicheren Pulpenschutz die Unterfüllung von *Jakobsen*, jetzt Tutol (*Woelm*) angegeben und wird in seiner Behauptung von *Palazzi*, *Paschke* und erst jüngst wieder aus der Würzburger Universitätsklinik von *Eckert* unterstützt. Nach den Literaturangaben ist Tutol der von den meisten in seiner Zuverlässigkeit bestätigte Lack. *Filderman* empfiehlt 1925, auf dem Boden der Kavität Carbolkristalle mit warmer Luft zu schmelzen; außerdem wird ein Pellet mit Lack befestigt. *Paschke* fand *Rubuis* Unterlack und Poroclaustra stark durchlässig, während 1913 in Trier vom Verein Deutscher Zahnärzte Poroclaustra als Unterfüllung angegeben wurde. Auch *Asher* hat einen Lack herausgebracht, Varnish, den *Lartschneider* als Isolierschicht erprobt hat. Erst in diesem Jahre wurde Claustrin empfohlen (*Dobkowsky*), eine Lösung aus Manilaharz und Benzol in Aceton und Aether sulf. mit Thymolzusatz, doch sind die Erfahrungen mit diesem Lack noch von zu kurzer Dauer. Die Zahl der bekannten Lacke ließe sich noch beliebig vermehren; erwähnt seien noch Untersuchungen von *Hansmann* mit Schellack und Kollodium-Mastisol aa und neueste Veröffentlichungen über Imprägnol (*Singer*) und Pulpacol (*Witz*), das „die Dentinkanälchen mit desinfizierenden Substanzen überzieht und so Bakterien, Ptomainen und den nekrotisierenden Säuren die Passage verlegt". Silber- und Kalksalze sind aus den obengenannten Gründen hinzugefügt.

Wenn man all diese Angaben überblickt, so drängt sich die Frage auf, in welcher Form die Güte und Brauchbarkeit der Lacke nachzuweisen sind. Wir verlangen von den Lacken als Haupteigenschaft, daß sie die Pulpa unbedingt schützen gegen das Eindringen von Phosphorsäure. Es kommt also darauf hinaus, die Phosphorsäure innerhalb des Pulpencavums nachzuweisen bzw. das Fehlen von Phosphorsäure an mit Silicat gefüllten Zähnen zu demonstrieren. Nach *Wustrow* geschieht der Säurenachweis mit Ammoniummolybdat und Lackmus im Zahne selbst. Man nimmt die vorbehandelten und nach einer bestimmten Zeit extrahierten Zähne und führt den Phosphorsäurenachweis in der Pulpa selbst aus. *Brun* geht folgendermaßen vor: Extrahierte Zähne werden von der Wurzel zur Pulpa aufgebohrt und diese mit Kongopapier unter Guttaperchaverschluß versehen. Danach geschieht das Füllen der Kavität mit Silicat, die (im vorliegenden Falle) mit *Whites* Cavitine oder bei tiefen Kavitäten mit Calxine isoliert war. Durch das Reagenspapier wird angezeigt, ob Säure zur Pulpa dringt. Eine genaue Methode, ohne Bezug auf die Vitalität der Pulpa, benutzte *Dieck* zur Prüfung der Säureabspaltung bei den Silicatzementen. Die Proben kommen in Natronlauge, die mit Schwefelsäure zurücktitriert wird; die Tropfenzahl der verbrauchten Natronlauge gibt den freien Säuregehalt der Silicatprobe an.

Eine umfassende Arbeit ist von *Praeger* herausgegeben worden über die verschiedenartigsten Prüfungsmethoden der Silicatzemente und so auch über den sichersten Schutz dieser Füllungen. Es ist hier das Medium diesseits des Silicates untersucht worden, was jedoch nur einen formellen Unterschied gegenüber dem Untersuchungsgebiet dieser Arbeit bedeutet. *Praeger* hat verschiedene Füllungsüberzüge, also auch Lacke, auf ihre Durchlässigkeit in bezug auf Phos-

phorsäure untersucht; es liegt auf der Hand, daß die Resultate im Prinzip gleich denen sein müssen, die erhalten werden, wenn man den Lack nicht als Überzug, d. h. praktisch als Schutz vor dem Zutritt von Speichel im Munde, sondern als Isolierschicht unter der Silicatfüllung benutzt. *Praeger* gibt zwei Methoden an, von denen hier nur die erste in Betracht kommt, weil sie für die vorliegende Arbeit ohne weiteres zu übertragen ist. Die sorgfältigste Methode ist nach dem Verfasser diese, daß man zu den Versuchen eine abgewogene Menge Pulver und Säuremenge nimmt. *Praeger* nahm 55 Teile Säure und 100 Teile Pulver, die, bei Zimmertemperatur gleicherweise gleich lang angerührt, in Präzisionsformen gestopft wurden; diese Quantität Silicat enthält einen Säureüberschuß (in der Praxis gibt man Pulver bis zur Absättigung in die Flüssigkeit und danach kleine Mengen hinzu, bis der Glanz verschwunden ist). In die Präzisionsform wird zugleich ein Bindfaden gestopft, an dem das Ganze 3 Stunden nach dem Erhärten in H_2O-gesättigtes Milieu gehängt wird; gleich nachdem die Füllung soweit erhärtet ist, daß sie die Form behält, wird sie mit Lack überzogen, der gut trocknen muß. In dem Leitungswasser bleibt die Form 24 Stunden; der Säureüberschuß wird durch den *Merck*schen Universalindikator kenntlich gemacht, von dem 5 Tropfen auf 4 ccm Wasser benutzt werden. Das Versuchsergebnis wird nach der Farbe des H_2O-Milieus abgelesen; der Neutralpunkt (grün) liegt bei $p_H = 7{,}0$, das Leitungswasser hatte $p_H = 7{,}5$, war also schwach alkalisch (blau). Eine Farbenskala gibt zu den Farben den jeweiligen p_H an. Das Ergebnis sieht folgendermaßen aus:

Lack	p_H
Zaponlack	6,5
Mastix, 20% in Äther	7,5
Schellack, 25% in Alkohol	5,5
Sandarak, 20% in Terpentinöl	5,5
Fixativ	4,5
Harvardlack	6,5
Lithodontlack	7,0
Degussalack	6,5
Obturasol	5,0
Nitrocelluloselack	6,0

Mastix ist also der einzige Lack, der den p_H des Versuchsmilieus nicht senkt, nicht saure Reaktion (gelbrot) angibt. Denselben Lack benutzte übrigens *Pape*, um die Permeabilität von Füllungsmaterial gegenüber arseniger Säure zu demonstrieren; Mastix in doppelter Schicht verminderte hier die Diffusion um 60%. Schließlich sei noch die Arbeit von *Eckert* erwähnt, der am Patienten das Tutol „viele Jahre hindurch erprobt" hat, ohne Pulpentod feststellen zu können. Diese Beobachtung soll und kann keinen exakt-wissenschaftlichen Beweis für die Güte eines Lackes bringen; denn die vielleicht herabgesetzte Vitalität ist auch mit Hilfe des Induktionsstromes nicht immer eindeutig festzustellen, und außerdem spielt Größe, Konsistenz und Art der Füllung eine Rolle, so daß in vivo höchstens die Vitalität des Zahnes, nicht aber die Zuverlässigkeit des Lackes erprobt wird. Den Säurenachweis im extrahierten Zahn selbst zu führen, bietet eine Fülle von Ungenauigkeiten; zunächst ist ein Guttaperchaabschluß der Pulpa nicht unbedingt hermetisch, und die Reaktionsempfindlichkeit des Kongo-

papiers gegenüber Phosphorsäure ist nicht spezifisch. Zudem ist es sehr schwer, das Reagenspapier in allen seinen Teilen der Pulpaoberfläche gleichmäßig anzulegen, wenn man nicht das Cavum mit einer Flüssigkeit ausfüllt. Aber auch so geht viel von der nachzuprüfenden Säure verloren, da ja die Säure nach allen Richtungen und nicht nur zur Pulpa hin diffundiert. Man muß ferner die Kavitätentiefe und die verschiedenartige Beschaffenheit der einzelnen Zähne und Zahngattungen berücksichtigen. Dies trifft nicht zu für die Versuche *Praegers*, da es sich dort um Modellversuche handelt; es treten hier nur Bedenken auf hinsichtlich des Nachweises der Phosphorsäure, wobei festzustellen ist, ob der Universalindikator eine spezifische Reaktion dieser Säure gegenüber liefert, wäre es doch denkbar, daß in dem H_2O-gesättigtem Milieu *Praegers* auch andere, akzidentelle Säuren vorhanden sind. Überhaupt leidet die Genauigkeit der Phosphorsäurereaktion, wenn sie innerhalb des Leitungswassers ausgeführt wird, und es wäre schon möglich, daß die Empfindlichkeit der Reaktion dadurch beeinträchtigt wird. Eine Zeit von 24 Stunden erscheint nach unseren Erfahrungen zu kurz, um die Isolierfähigkeit eines Lackes sicherstellen zu können, und eben nur dann berechtigt, wenn die Verhältnisse im Munde des Patienten nachgeahmt werden sollen, bei dem der *Überzug* über die Füllung nur so lange dicht halten muß, bis der Abbindungsvorgang des Zementes beendet ist.

Aus all diesen Gründen galt es zunächst, eine einwandfreie und empfindliche Methode zu finden, Phosphorsäure nachzuweisen, eine Reaktion durchzuführen, die bequem und leicht ausführbar und spezifisch ist, die sofort mit den Augen abgelesen werden kann und eine einigermaßen sichere Schätzung für die Menge der nachgewiesenen Säure erlaubt. *Fritz Feigl* hat in seiner „Qualitativen Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktion" einen Nachweis angegeben, der es gestattet, 1,25 γ P_2O_5 nachzuweisen, wobei die Grenzkonzentration 1:40000 beträgt. Es gibt eine noch feinere Reaktion, die 0,05 γ P_2O_5 erfassen läßt, doch hat sich bei unseren Versuchen gezeigt, daß die gewöhnliche Tüpfelreaktion absolut ausreichend ist, ja sogar als besonders empfindlich bezeichnet werden kann. Zum Beweise sei gesagt, daß man mit Leitungswasser unter Umständen eine schwache Reaktion erhalten kann. Die Reaktion beruht darauf, daß Phosphate mit Molybdaten in mineralsaurer Lösung Salze der Phosphormolybdänsäure[1] bilden, von denen das citronengelbe Ammonsalz schwer löslich ist. Die Ausführung geschieht folgendermaßen: Auf Filtrierpapier, das zur quantitativen Analyse geeignet ist, wird 1 Tropfen der sauren Probelösung und hierauf nacheinander 1 Tropfen Molybdat und 1 Tropfen Benzidin gebracht und dann über ein mit Ammoniak gefülltes Schälchen zur Entwicklung gebracht. Nach kurzer Zeit, d. h. wenn die Hauptmenge der freien Mineralsäure neutralisiert ist, erscheint an der angetüpfelten Stelle ein blauer Fleck. Die Intensität der Blaufärbung richtet sich nach der Phosphorsäuremenge; in den folgenden Versuchen wurde durchweg *eine* bestimmte Einteilung der Resultate gewählt: negativ (—) heißt, die angetüpfelte Stelle hat sich nicht verfärbt; (sehr schwach fast) — heißt, die Blaufärbung fängt gerade an, sichtbar zu werden. Es folgen (fast) — und fast — bis zu schwach +, bei welcher Konzentration etwa die Hälfte der Blauintensität erreicht ist, die man erhält, wenn man die Reaktion mit

[1] $H_7[P(Mo_2O_7)_6]$.

Flüssigkeit aus einem Färbeschälchen vornimmt, der 1 Tropfen Silicatflüssigkeit zugesetzt ist. Bei (schwach) + und positiv (+) ist der ganze Fleck blau gefärbt, man kann dann noch bis zu ++++ unterscheiden. Bei einiger Übung lassen sich diese feinen Gradunterschiede mit absoluter Sicherheit vom Filtrierpapier ablesen.

Hier mag noch eine andere Methode Erwähnung finden, mit deren Hilfe man die Versuchsresultate objektiv eindeutig und für alle Fälle gültig ablesen kann. Man stellt sich in Vorversuchen bestimmte Phosphorsäurekonzentrationen her, die jede eine bestimmte Blaufärbung ergeben. Entsprechend diesen Farben fertigt man eine Eichskala mit Zahlen an, die man nach Belieben wählen und je nach den Farbtönen vermehren kann. In diesem Indikator hat man bei jeder Versuchskontrolle durch Vergleich die Möglichkeit zur Hand, das Resultat genau zahlenmäßig festzulegen.

Um es zu wiederholen: Die Aufgabe lautet festzustellen, welche Lacke sind phosphorsäureundurchlässig? Zwei Versuchsanordnungen müssen hierbei unterschieden werden: 1. Modellversuche; 2. Zahnversuche. Die Schwierigkeit bestand darin, ein geeignetes Material zu finden, das dem Zahngewebe möglichst nahe kommt und einen gleichwohl von den früher erwähnten individuellen und Altersverschiedenheiten bei den Zähnen unabhängig macht. In den Ultrafiltern in Gestalt von Tonzellen aus der staatlichen Porzellanmanufaktur meinen wir, die geeignetsten Objekte zur Aufnahme der Silicatproben gefunden zu haben. Man muß an die Modelle die Anforderung stellen, daß sie überhaupt phosphorsäuredurchlässig sind, daß sie eine den Dentinkanälchen entsprechende Porengröße besitzen und eine bequeme Handhabung zur Ausführung der Versuche bieten. Wir nahmen die Tonzellen P 28b der St. P. M. mit dem Porenvolumen 39% und einer Porengröße von 4,3 μ; die Angaben über die Größe der Dentinkanälchen schwanken zwischen 1,3—2,2 μ (*Port-Euler*) und 2,5—4,5 μ (*Wetzel*). Hierbei ist zu bedenken, daß Tonzellen von geringerer Porengröße nur weniger Phosphorsäure hindurchlassen würden, der Fehler bei einem scheinbar zu großen Porenvolumen also kleiner wird, wenn es sich um einen im Sinne S. 197 unten negativen Versuch handelt, und nur auf die Gradunterschiede in der Nähe des negativ (—) kommt es an. Die einzelnen Tonzellmodelle wurden in etwa 1 cm Länge mit einem konstanten Außendurchmesser von 11 mm und einem konstanten Innendurchmesser von 9 mm hergestellt. Für sämtliche Modellversuche wurden die Tonzellen zu beiden Seiten mit Korken verschlossen, die in Aqua dest. ausgekocht und in geschmolzenem Paraffin (56—58°) hinreichend lange gerührt waren; der Korkenverschluß wird schließlich mit einer Schicht Friesewachs über die Ränder der Tonzelle hinaus überzogen. Zunächst war festzustellen, daß Tonzelle, Friesewachs, Paraffin und Aqua dest. nicht phosphorsäurehaltig sind, was durch den negativen Ausfall der Tüpfelreaktion bewiesen wurde. Weiter muß die Brauchbarkeit der Tonzellen für die Versuche, d. h. die Fähigkeit, Phosphorsäure hindurchzulassen, und die Brauchbarkeit des Verschlusses, d. h. absolut säureundurchlässig zu sein, bewiesen werden. Dazu sind zwei Versuchsarten anzustellen: die Tonzelle wird einseitig mit Korken verschlossen und mit Friesewachs an diesem Ende überzogen, hinein kommt Silicatflüssigkeit[1], dann

[1] Für diese und alle folgenden Versuche an Modell und Zahn wurde „Aschers künstlicher Zahnschmelz Nr. 4" benutzt.

folgt anderseitiger Verschluß. Zum zweiten wird die Tonzelle mit dem Korkenverschluß ganz mit Friesewachs überzogen und ebenfalls mit Silicatflüssigkeit (= Phosphorsäure) gefüllt. Der erste Versuch wurde bereits nach 10 Minuten positiv, desgleichen bei Prüfung nach 24 Stunden, der zweite Versuch bis zur Kontrolle nach zweimal 24 Stunden negativ. Künftighin wurden also die Modellversuche mit dem oben beschriebenen Korkenverschluß angestellt. — Zur Ausführung der Tüpfelreaktion sei noch eingeschaltet, daß die Tonzellen nach der Fertigstellung in ein Färbeschälchen (2 × 3 cm) mit Aqua dest. gelegt werden, das mit Glasdeckel verschlossen ist. Zur Prüfung auf Tüpfelreaktion wird immer der Tropfen der Flüssigkeiten mit einem unter Aqua dest.-Strahl gesäuberten Glasstab aufs Filtrierpapier gebracht und mit Tropfpipetten aus den Reagenzien getüpfelt; unbedingt sauberes Arbeiten (Hände usw.) ist erforderlich. — Wir unterschieden zwei Arten des Lackanstriches: 1. Anstrich von innen; 2. Anstrich von außen. Der Anstrich selbst geschieht mit einem Wattebausch in der Pinzette; bei mehrmaligem Anstrich wird nach jedem Male mit warmer Luft getrocknet. Der Anstrich innen hat sich als praktischer erwiesen, weil so eine Verunreinigung bzw. Verletzung des gleichmäßigen Anstriches durch Befassen usw. vermieden wird.

Wir kommen nun zu den Vorversuchen, die mit einer abgewogenen Menge Silicatpulver (100 mg) und bestimmter Tropfenzahl Säureflüssigkeit aus der konstanten (beiliegenden) Pipette (2 Tropfen) bei 2—3maligem Lackanstrich ausgeführt wurden. Das Silicat hat dann weiche Konsistenz. Benutzt wurden 5 beliebige Lacke. Das Resultat zeigte schon ein verschiedenartiges Verhalten der einzelnen Lacksorten. Hervorgehoben sei, daß Mastix (Speyer & v. Karger) noch nach achttägiger Beobachtung negatives Ergebnis hatte. Versuche mit Lackanstrich von außen seien nicht besonders erwähnt, da sie keine praktische Bedeutung für ein brauchbares Resultat hatten. In den nächsten systematischen Versuchen wurde mit 12 Lacken gearbeitet; dabei wurden die einzelnen Lacke, die Zeit der Beobachtung, die Dicke der Lackschicht und die Konsistenz des Silicats jeweils als variabel angenommen.

Tabelle 1. (Erklärung nächste Seite.)

	20 Stunden	2×24 Stunden	3×24 Stunden	4×24 Stunden	5×24 Stunden
Obturasol	++	++++	++++	++++	·
Havard-Silicat . .	++	++	+++	++++	·
S. S. White. . . .	++ (+)	+++	+++	·	·
Radisan	+ (+)	+++	++++	·	·
Tutol	schwach +	++	++	·	·
de Trey	+	++	++ (+)	·	·
Sandarak[1]	(fast) —	(fast) —	(fast) —	·	(fast) —
Mastix[1]	(fast) —	(fast) —	(fast) —	·	schwach +
Poroclaustra . . .	+++	++++	·	·	·
Tektodont	++++	++++	·	·	·
Degussa	—	fast —	·	schwach +	·
Zaponlack[2] . . .	fast —	(schwach) +	·	schwach +	·

[1] Speyer & v. Karger.
[2] Schaper, Dresden.

I. Zunächst einmaliger Lackanstrich bei sehr weicher Silicatkonsistenz (100 mg auf 2 Tropfen) mit dem üblichen Verschluß. Die Stundenangaben beziehen sich auf die Kontrollen der Tüpfelreaktion. Für alle Modellversuche wurde die Tonzelle bei Radisananstrich vor dem Beschicken etwa 5 Minuten in Aqua dest. gelegt, damit der Ester nicht verflüchtigt. Der Tutolanstrich besteht aus zwei Flüssigkeiten; Lösung I = Chloroform-Gummilösung, Lösung II = alkoholische Lösung von natriumbenzoesaurem Salz. (Tab. vorige Seite.)

II. Derselbe Versuch wie I, jedoch mit zweimaligem Lackanstrich.

Tabelle 2.

	20 Stunden	24 Stunden	2×24 Stunden	3×24 Stunden	4×24 Std.	5×24 Stunden
Obturasol .	+	·	+++	·	+++	+++
Hav.-Silicat	+++	·	++++	·	++++	++++
S. S. White	(schwach) +	·	++++	·	++	++ (+)
Radisan . .	fast —	·	schwach +	·	+	schwach +
Tutol . . .	·	—	·	(fast) —	fast —	schwach +
de Trey . .	+++	·	·	++ (+)	++++	·
Sandarak .	·	—	—	—	—	·
Mastix . .	·	—	—	—	—	·
Poroclaustra	·	schwach +	+	+	++	·
Tektodont .	·	schwach +	+	++	++	·
Degussa . .	·	—	—	(fast) —	—	·
Zaponlack .	·	fast —	schwach +	(schwach) +	+ (+)	·

III. Derselbe Versuch wie I und II, jedoch mit dreimaligem Lackanstrich.

Tabelle 3.

	22 Stunden	2×22 Stunden	3×24 Stunden	4×24 Stunden	5×24 Stunden
Obturasol	+++	++	++ (+)	+++	·
Havard-Silicat . .	(schwach) +	+	+++	++	·
S. S. White. . . .	+	+	+++	+++	·
Radisan	schwach +	(schwach) +	+	+	·
Tutol	—	—	fast —	fast —	·
de Trey	fast —	schwach +	++	+	·
Sandarak	—	—	—	—	·
Mastix	—	—	—	—	·
Poroclaustra . . .	(schwach) +	+	++	+	·
Tektodont	fast —	schwach +	+	+ (+)	·
Degussa	—	fast —	fast —	fast —	·
Zaponlack	—	schwach +	schwach +	·	schwach +

Beim Versuch IV ist die Konsistenz variiert dergestalt, daß eine sehr harte Silicatprobe benutzt wurde, härter als zur Füllung am Patienten. In einem Vorversuch wurde kontrolliert, ob bei dieser Silicatkonsistenz (mit 1 Tropfen angerührt) überhaupt Phosphorsäure außerhalb der Tonzelle nachzuweisen ist: Ergebnis (ohne Lackanstrich) von 15 Minuten bis zehnmal 24 Stunden negativ. Dementsprechend sieht der systematische Versuch zu diesem Vorversuch aus:

Tabelle 4. (Zu S. 201 oben.)

15 Min.	24 Std.	2×24Std.	3×24 Std.	4×24 Std.	6×24 Std.	7×24 Std.	8×24 Std.	9×24 Std.
—	(fast) —	fast —	sehr schwach+	(schwach)+	(schwach)+	+	++	++

Alle 12 Lacke haben bei zweimaligem Anstrich auf der Innenseite der Tonzelle bis siebenmal 24 Stunden negative Tüpfelreaktion; eine Andeutung einer Blaufärbung war höchstens bei Radisan, de Trey und Poroclaustra festzustellen. Zum folgenden systematischen Versuch wurde daraufhin eine Silicatkonsistenz gewählt, die der Füllung entspricht: zur Probe auf Konsistenz muß die Mischung beim Abheben dem Stab nur ungefähr $^1/_2$ cm folgen und dann plötzlich abreißen. Der Vorversuch ohne Lack ergab: (Tab. 4).

V. Lackanstrich innen 1—2 mal, Silicatkonsistenz wie zur Füllung (Abreißprobe) mit 2 Tropfen angerührt (Tab. 5).

Es blieb nun noch übrig, im VI. Versuch die Zeit variieren zu lassen, d. h. die Kontrollen der Tüpfelreaktion wurden während eines Tages stündlich vorgenommen. Das Silicat war ziemlich weich (mit 2 Tropfen angerührt), Lackanstrich innen 2 mal. Beginn des Versuches 8 Uhr 45 Minuten, Schluß des Versuches = Fertigstellung der 12 Tonzellen 10 Uhr 15 Minuten; Beginn der Kontrollen 10 Uhr 15 Minuten, Schluß der Kontrollen 18 Uhr 30 Minuten (Tab. 6).

Vor der Besprechung der Vorversuche müssen wir auf eines hinweisen: Es zeigt sich, daß die Vorbehandlung der Tonzellen für die Radisanversuche nicht ausreichend waren. Es muß betont werden und wird auf S. 207 eingehend

Tabelle 5.

	24 Stunden	2×24 Stunden	3×24 Stunden	4×24 Stunden	5×24 Stunden	6×24 Stunden	7×24 Stunden	8×24 Stunden	9×24 Stunden
Obturasol . . .	(fast) —	fast —	fast —	fast —	·	+	+	++	++
Havard-Silicat .	—	—	—	·	—	(sehr schw. fast) —	fast —	fast —	(fast) —
S. S. White. . .	(sehr schw. fast) —	(sehr schw. fast) —	(sehr schw. fast) —	·	—	—	schwach +	schwach +	schwach +
Radisan	(sehr schw. fast) —	fast —	(fast) —	·	schwach +	schwach +	schwach +	schwach +	schwach +
Tutol	—	—	—	—	·	(sehr schw. fast) —	(fast) —	(sehr schw. fast) —	(fast) —
de Trey	(fast) —	(fast) —	fast —	schwach +	·	schwach +	+	+ (+)	+++
Sandarak . . .	—	—	—	·	—	—	—	—	·
Mastix	—	—	·	—	—	—	—	—	·
Porolaustra . .	(sehr schw. fast) —	(sehr schw. fast) —	·	schwach +	(schwach) +	(schwach) +	(schwach) +	fast —	·
Tektodont . . .	—	—	·	fast —	fast —	fast —	fast —	(sehr schw. fast) —	·
Degussa	—	—	·	—	—	—	—	·	·
Zaponlack . . .	—	—	·	—	—	—	—	·	·

Tabelle 6.

	1 Std.	$1^1/_2$ Std.	2 Std.	3 Std.	4 Std.	5 Std.	6 Std.	7 Std.	8 Std.	9 Std.	2×24 Std.	3×24 Std.	4×24 Std.	5×24 Std.	6×24 Std.
Obturasol .	·	—	—	—	—	—	—	—	(s. schw. fast) —	(fast) —	++	++	+++	+++	+++
Hav.-Silicat	·	—	(fast) —	—	—	(s. schw. fast) —	(s. schw. fast) —	(fast) —	fast —	fast —	+++	+++	+++	++++	+++
S. S. White	·	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(s. schw. fast) —	fast —	1	1	1
Radisan . .	—	·	—	—	—	—	—	(s. schw. fast) —	(fast) —	fast —	++	+++	+++	+++	+++
Tutol . . .	—	·	—	—	—	—	—	—	—	—	(fast) —	(fast) —	fast —	(fast) —	fast —
de Trey . .	—	·	(s. schw. fast) —	—	—	(s. schw. fast) —	(s. schw. fast) —	(fast) —	(fast) —	fast —	+	++++	+++	+++	+++
Sandarak .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(s. schw. fast) —
Mastix . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Poroclaustra	—	—	—	—	—	—	(s. schw. fast) —	(s. schw. fast) —	(s. schw. fast) —	(fast) —	+	+	+	++	++
Tektodont .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	·	—	schw. +	+	+	schw. +
Degussa . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	·	schw. +	fast —	+	+	+
Zaponlack .	—	—	—	—	—	—	—	(s. schw. fast) —	(s. schw. fast) —	·	+	++++	1	1	1

[1] Bei S. S. White und Zaponlack haben offensichtlich Fehler (vgl. S. 204) vorgelegen, was durch die Versuche I—III und V nur bestätigt wird. Es wurden deshalb die Versuche unter den Bedingungen von Versuch VI wiederholt:

	24 Std.	2×24 Std.	3×24 Std.	7×24 Std.
S. S. White .	—	schwach +	schwach +	+++
Zaponlack. .	fast —	fast —	fast —	fast —

dargelegt, daß die Wirkung des Radisans nur vorhanden ist innerhalb eines organischen Mediums. Wenn man also bei einem idealen Versuch mit lebenden Zähnen arbeiten müßte (bei unserem Arbeitsgebiet wurde bewußt darauf verzichtet), so kann bei den Tonzellversuchen das einfache Einlegen in Aqua dest. für 5 Minuten nicht genügen. Die „Verkieselung" ist aus diesem Grunde nur zu erreichen, wenn man das Versuchsobjekt mit einer organischen Flüssigkeit bestreicht. In Tab. 10 ist ein anderer Weg eingeschlagen worden, zu einem möglichst genauen Resultat zu gelangen: Hier sei der Hinweis gemacht, wie man die Tonzellversuche in bezug auf das Radisan vervollkommnen könnte: Die Tonzellen werden imprägniert durch Bestreichen mit seröser Flüssigkeit; man erreicht dadurch einen hauchdünnen, organischen Überzug, der aber der Diffusion nicht im Wege steht. Derartig vorbehandelte Modelle müssen den Verhältnissen beim Zahne weitestgehend entsprechen, also die Resultate der Tab. 1—3 dergestalt verändern, daß die isolierende Wirkung des Radisans nicht nur in der Praxis, sondern auch im Experiment zur Geltung kommt. In der allgemeinen Besprechung der Vorversuche verdient also das Radisan aus den angegebenen Gründen eine Sonderstellung.

Für Vorversuch I—III wurde mit genau abgewogener Silicatmenge gearbeitet, ein Grundsatz, der für alle folgenden Versuche fallen gelassen wurde. Dazu ist folgendes zu sagen: Es hat sich im Laufe der Versuche bei jedesmaligem Anrühren des Silicates gezeigt, daß die Konsistenz trotz abgewogener Pulvermenge und bestimmter Tropfenzahl nicht die gleiche war. Schon *Dieck* machte den Vorschlag, die Fabrikanten sollten angeben, mit wieviel Kubikzentimeter Flüssigkeit ein bestimmtes Quantum Pulver angerührt werden muß, um die günstigste Füllung (am Patienten) zu erhalten. Warum geschieht dies nicht? *Weikart* zählt in seinen „Beiträgen zur Bestimmung der Festigkeit von Silicatzementen" 5 Punkte auf, die eine Antwort auf die Frage geben:

1. Temperaturschwankungen ändern Viscositätsgrad und Dissoziation der Phosphorsäure. Da die Abbindungszeit eines Zementes abhängig von der Säuredissoziation ist, wird die Konsistenz bei einer reaktionsfähigeren Säure bei gleicher Anrührzeit dicker sein.

2. Dauer und Intensität des Anrührens spielen eine Rolle, so daß breites Ausstreichen der Masse auf der Platte die Reaktionswärme ableiten läßt und langsamere Erhärtung zur Folge hat. Je kräftiger der Druck beim Anrühren ist, desto fester und dichter wird das Material.

3. Phosphorsäure ist hygroskopisch; daher muß auf festen Verschluß der Flasche besonders geachtet werden.

4. Es bestehen Schwankungen in der fabrikmäßigen Herstellung.

5. Alterungserscheinungen beeinträchtigen das Material dergestalt, daß ein frisches Zement reaktionsfähiger ist.

Wir sehen also, daß es nicht auf das genaue Abwägen, sondern auf die gleichbleibende Konsistenz ankommt, womit diese Fehlerquelle als ausgeschaltet betrachtet werden kann. Eine beträchtliche Fehlerquelle erschien zunächst im Aqua dest. zu liegen, ergaben doch die allerersten Vorversuche anfangs schwach + Resultat. Es hat sich aber herausgestellt, daß dies auf Verunreinigungen der Aufbewahrungsbehälter und Übertragungsgegenstände zurückzuführen war, da

man nach peinlichster Sauberhaltung aller in Betracht kommenden Glasgegenstände und der anderen Instrumente ein für Aqua dest. negatives Resultat erzielen konnte. So wurde auf eine Aufbewahrung in Jenenser Glasgefäßen oder gar auf Selbstherstellung des Aqua dest. verzichtet. Nicht gänzlich auszuschalten waren jedoch die Faktoren, die während der Zeitspanne vom Anrichten des Versuches bis zum Einlegen ins Färbeschälchen auftreten können. Zunächst kann beim Bestreichen der Tonzelle von innen mit Lack durch Luftblasen usw. eine freie Stelle der Tonzelle erhalten bleiben (der Verschluß wurde immer erst *nach* dem Lackanstrich hergestellt). Am größten aber ist die Gefahr beim Einbringen des Silicats mit einem Füllinstrument, da hierbei peinlichst darauf geachtet werden muß, daß kein Silicat an den Rand oder an die Außenwand der Tonzelle gelangt. Eine gewisse Schwierigkeit liegt dann noch in dem Friesewachsüberzug an beiden Enden. Die Größe der Silicatproben wurde für jede Versuchsreihe einheitlich hergestellt, und zwar erheblich mehr, als für Kavitäten in der Praxis jemals in Betracht kommen. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß *Schoenbeck* von einem systematisch-wissenschaftlichen Versuch unter anderem fordert, daß die Fehlerquelle möglichst gering und vor allem konstant sein soll, und dieses ist bei der vergleichenden Beurteilung der Tabellen nicht außer acht zu lassen.

Wir kommen nun zu den Versuchen an extrahierten Zähnen. Es muß vorausgeschickt werden, daß die Resultate der Modellversuche nur mit Einschränkung auf die Versuche mit den Zähnen zu übertragen sind. Um hier nur eines zu erwähnen: Die Menge der Silicatzementprobe wurde absichtlich außerordentlich groß gewählt, sowohl im Hinblick auf die Mengen, die man in der Praxis benutzt, als auch im Verhältnis zur Größe des Zahnmaterials, das zur Untersuchung genommen wurde.

Bei den folgenden Versuchen unterscheiden wir solche mit Zähnen, die bis zu einem halben Jahr in Formalin gelegen hatten, und mit frisch extrahierten Zähnen, die zur Aufbewahrung teilweise in physiologische Kochsalzlösung gelegt wurden. Es galt nun, systematische Versuchsreihen wie bei den Modellversuchen aufzustellen. Die Vorversuche entsprechen den auf S. 199 geschilderten; mit anderen Worten: die Tüpfelreaktion für Formalin und Formalinzahn war negativ (bis 14mal 24 Stunden). Was die Brauchbarkeit des Verschlusses und des Zahnes überhaupt anbetrifft, so sind hier eindeutige Resultate viel schwieriger zu erlangen. D. h., die Brauchbarkeit des Verschlusses, das ist des Friesewachses, war ja erwiesen; es sind also nur die Fehler, die bei der Herstellung des Versuchsobjektes auftreten können, auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die ersten Vorversuche scheiterten daran oder gaben zumindest ein nur verschwommenes, unübersichtliches Bild, weil die Kavität in zu geringem Ausmaße hergestellt worden war. So ergibt ein Versuch mit unteren Frontzähnen, bei denen die Wurzel unterhalb des Schmelzrandes der Krone abgeschnitten und lingual eine nierenförmige Kavität in Pulpennähe (eine dünne, durchsichtige Schicht gesunden Dentins bleibt erhalten) im Format $^1/_2 : {}^1/_4$ cm präpariert war, bei mittelweichem Silicat und Paraffinüberzug über den ganzen Zahn außer am

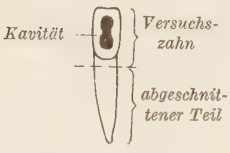

Abb. 1.

Pulpaquerschnitt (die Schnittfläche zwischen Krone und Wurzel bleibt also frei zum Durchtritt der Phosphorsäure durch die Dentindecke) folgendes Bild (Lackanstrich 2mal): (Tab. 7).

Die Bezeichnungen hinter den Lacken geben die verwandten Zähne an; bei Degussa wurde sehr weiches Silicat benutzt.

Wie ersichtlich, liefert dieser Versuch kein eindeutiges Resultat, wenn man nicht die Bezeichnungsart für die Versuchskontrollen (cf. S. 197 unten) ändern und eine neue Gradeinteilung von negativ (—) bis positiv (+) einführen wollte. Tatsächlich zu verwerten sind natürlich nur die vollkommen negativen Resultate, das bedeutet hier die Brauchbarkeit der Lacke Mastix und Degussa. Wobei aber noch nicht einmal bewiesen ist, daß Formalinzähne Phosphorsäure in chemisch nachweisbarer und innerhalb der Erfassungsgrenze liegender Menge hindurchlassen. Aus dem Ergebnis von Tab. 7 lernten wir, daß mit größeren Kavitätenausdehnungen gearbeitet werden mußte, da ja die Diffusionsmöglichkeit von der Größe der Fläche abhängt, also bei gleicher Probemenge auf einer großen Ausbreitung mehr diffundieren wird (cf. auch S. 207 unten).

a) Wir nahmen Molaren, bei denen die Möglichkeit zur Ausbreitung des Silicates die größte ist, schnitten die Wurzeln in Höhe des Daches des Pulpencavums ab, präparierten eine Kavität in Pulpennähe, zentral über die ganze Fläche, kastenförmig, füllten mittelweiches Silicat hinein und überzogen die ganze Krone außer an der Trennungsfläche in Höhe des Pulpendaches mit Friesewachs. Kontrolle: nach 24 Stunden fast —, von 2—15 mal 24 Stunden schwach + als Beweis für die Brauchbarkeit der Formalinzähne.

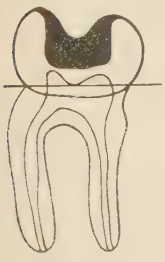

Abb. 2.

b) Ebenso kann man mit Frontzähnen verfahren. Nachdem die Wurzel in Schmelzrandhöhe abgeschnitten ist, wird die Krone mesiodistal durch das Pulpencavum hindurch in zwei Teile geteilt und buccal oder lingual eine Kavität

Tabelle 7.

	24 Stunden	2×24 Stunden	3×24 Stunden	4×24 Stunden	6×24 Stunden	7×24 Stunden	8×24 Stunden	10×24 Stunden
Mastix $\overline{1}$	—	—	.	—	.	—	—	—
Havard-Silicat $\overline{3}$ . . .	(sehr schw. fast) —	(sehr schw. fast) —	.	(sehr schw. fast) —	.	(sehr schw. fast) —	fast —	fast —
Radisan $\overline{1}$	(sehr schw. fast) —	—	.	(sehr schw. fast) —	.	—	fast —	(fast) —
Ohne Lack	(sehr schw. fast) —	.	(fast) —	.	(fast) —	schwach +	.	9×24 Std. fast —
Degussa $\overline{4}$	.	—	.	—	—	.	—	.

in möglichst großer Breiten- und Tiefenausdehnung präpariert. Der Wachsüberzug läßt die mesio-distale Trennungsfläche frei. Versuche mit nach den Modellversuchen positiven Lacken ergaben nur ein fast — oder schwach +.

Diese Ergebnisse sind nur als absolut unzuverlässig zu bezeichnen, wenn man nicht annehmen wollte, daß die Diffusionsverhältnisse von Modell und Zahn durchaus verschieden und nicht vergleichbar sind. Es müssen durch die Formalinkonservierung weitgehende Veränderungen in der Struktur der Dentinkanälchen vor sich gehen, so daß sich das Porenvolumen ändert (cf. auch S. 210).

Daher wurden zu den Versuchen Zähne genommen, die frisch extrahiert oder nach 3—8tägiger Aufbewahrung in physiologischer Kochsalzlösung zur Bearbeitung kamen. Hierdurch konnten sicher irgendwelche schädlichen Einflüsse des Konservierungsmittels vermieden werden. Die Art der Kavitäten- und Zahnpräparation entspricht der soeben für Molaren bzw. Frontzähne beschriebenen. Offen stand noch immer der Beweis für die Tauglichkeit der Zähne. In 4 Versuchen wurde die Tüpfelreaktion geprüft. Muster war der Molarenversuch S. 205 (a). Ohne Lackanstrich in Färbeschälchen mit Aqua dest., Silicat mittelweich.

Tabelle 8.

	24 Stunden	2×24 Stunden	3×24 Stunden	4×24 Stunden	6×24 Stunden	7×24 Stunden
Prämolar $\overline{5}$	—	schwach +	fast —	schwach +	·	·
Molar . . .	(sehr schw.	(fast) —	fast —	·	·	fast —
Molar . . .	fast —	·	schwach +	schwach +	schwach +	·
Molar . . .	·	·	(schwach) +	·	·	·

	8×24 Stunden	9×24 Stunden	10×24 Stunden	11×24 Stunden	12×24 Stunden	13×24 Stunden
Prämolar $\overline{5}$	fast —	fast —	·	schwach +	(schwach) +	·
Molar . . .	fast —	·	schwach +	schwach +	·	schwach +
Molar . . .	(schwach) +	·	+	·	·	·
Molar . . .	++	·	++	·	·	·

	14×24 Stunden	16×24 Stunden	17×24 Stunden	18×24 Stunden	22×24 Stunden	24×24 Stunden
Prämolar $\overline{5}$	schwach +	schwach +	·	schwach +	·	·
Molar . . .	·	·	schwach +	·	·	·
Molar . . .	·	·	++	++	++	++

Bei dem 4. Versuch von VIII wurde die zentrale Kavität nach approximal zu erweitert, da an dieser Stelle Caries vorhanden war.

Hierdurch kann die Brauchbarkeit der (frisch extrahierten) Zähne als erwiesen gelten.

IX. Der nächste systematische Versuch bezieht sich auf eine Auswahl von Lacken, und zwar kamen ein paar (nach den Modellversuchen) sicher negative und ebensolche positive Lacke zur Verwendung unter besonderer Berücksichtigung des Radisan, über das bisher noch keine sicheren Resultate bekannt werden konnten. Radisan ist ein Kieselsäuretetramethylester, bekannt zum Auswaschen der Wurzelkanäle vor Aufnahme einer Wurzelfüllung, besonders wertvoll in seiner Eigenschaft, der Feuchtigkeit zu folgen. Darauf ist besonderer Wert zu

legen, da nur beim Vorhandensein von irgendwelchem Feuchtigkeitsgrad Kieselsäure abgespalten wird. Ein Zusatz von Harzen ist dem Ester beigegeben.

Für die Versuche wurde weiches Silicat verwandt bei zweimaligem Lackanstrich mit der bekannten Kronenkavitätenpräparation. Aus der Zahlenangabe neben den Lacknamen ist die Zahnart im Sinne der S. 205 zu ersehen. Bei Abweichungen ist die Kavitätenpräparation jedesmal besonders angegeben (Tab. 9).

Ein einheitliches Ergebnis für das Radisan war, wie man sieht, auch hierbei nicht zu erzielen, wenn man auch die unten zu beschreibenden Fehlerquellen in Rechnung stellt. Stellt man aber die Überlegung an, wie das Radisan im IX. Versuch gewirkt hat, so ergibt sich folgendes: Der Esterlack ist wie jeder Lack eine flüchtige Lösung und spaltet Kieselsäure nur in feuchter Umgebung ab. Beim vorliegenden Versuch wurde also das Radisan wie eine gewöhnliche alkoholische Lösung verwandt, und der wesentliche Bestandteil konnte so gar nicht zur Geltung kommen. Es hat sich nun gezeigt, daß zur Feuchthaltung der Kavität sich 1proz. Milchsäure am besten eignet. Die Imprägnierung mit Milchsäure wird in gleicher Weise wie der Lackanstrich vorgenommen, also durch Bestreichen der Kavität mit dem getränkten Wattebausch. So dringt die Flüssigkeit in die Dentinkanälchen hinein und hält bei dem jetzt folgenden Lackieren die Kieselsäure fest, so daß sie zur Abspaltung gelangt.

X. Die so vorbereiteten Zähne wurden 2mal mit Radisan bestrichen; nach jedem Anstrich trocknen lassen an der Luft. Im übrigen lief dieser Schlußversuch wie der vorige. Die Konsistenz des Silicates ist jedesmal besonders angegeben. Kavitätenpräparation wie S. 205 (a). (Tab. 10.)

Damit wurde die Versuchsreihe geschlossen, da nunmehr auch über das Radisan genauere Angaben gemacht werden können. Ehe wir auf die Schlußfolgerungen aus den systematischen Versuchen eingehen, sollen noch eine Reihe kritischer Bemerkungen über die Zahnversuche gesagt werden. Wenn wir bei den Modellversuchen mit einer bekannten konstanten Porengröße arbeiten konnten, muß auf die individuelle Verschiedenheit der einzelnen Zähne in bezug auf Größe, Lumen und Verlauf der Dentinkanälchen, Zahngattung usw. aufmerksam gemacht werden. Es sind also die genannten Faktoren im Gegensatz zu den Versuchen I—VI als variabel anzusetzen, desgleichen die Größe der Kavität, wenn wir uns auch bemühten, innerhalb derselben Zahngattung annähernd gleichgroße Kavitäten herzustellen. Dazu tritt der Umstand, daß Schwankungen in der Dentinschicht über dem Pulpencavum, das ist die Trennungswand zwischen Krone und (abgeschnittener) Wurzel, nicht vermieden werden konnten. Ein integrierender Bestandteil ist ferner das Alter des Patienten, von dem der untersuchte Zahn stammt, desgleichen ob Caries an dem Zahn vorhanden war, da sich damit die Reaktionsfähigkeit der Odontoblastenfortsätze und die Weite der Dentinkanälchen ändert. Das Zustandekommen der Reaktion überhaupt hängt, wie schon betont, von der Größe der resorbierenden Fläche ab; als Beispiel sei die Wirkung einer Arseneinlage erwähnt, die von der Menge und Giftdosis des eingelegten Medikamentes, von der Pulpennähe und nicht zuletzt von der Größe der resorbierenden Fläche abhängt. Daß neben allem anderen der Verschluß hinreichend dicht sein muß, ist selbstverständlich. Auf unsere Versuche über-

Tabelle 9.

	24 Std.	2×24 Std.	3×24 Std.	4×24 Std.	5×24 Std.	6×24 Std.	7×24 Std.	8×24 Std.	9
Radisan (masticolingual)	·	—	(s. schw. fast) —	·	fast —	·	(s. schw. fast) —	·	
de Trey (S. 205 [b])	(s. schw. fast) —	·	fast —	·	(fast) —	·	schw. +	·	
Havard-Silicatlack (S. 205 [a])	·	·	·	·	·	·	schw. +	+	
Tutol (S. 205 [a])	—	·	·	·	(s. schw. fast) —	·	·	—	
Degussa (S. 205 [b])	·	·	—	·	·	—	·	·	
Radisan (S. 205 [a], mittelweich)	·	·	(fast) —	·	·	·	·	·	
Radisan (linguo-mastico-bucc.)	·	·	·	·	(fast) —	·	·	·	(s. fa
Radisan (bucc. und lingual verbund.)	·	·	·	·	—	·	·	·	(s. fa
Radisan (linguo-approx. Schwalbenschwanz)	·	·	·	(s. schw. fast) —	·	(s. schw. fast) —	(fast) —	·	
Radisan (S. 205 [a], mittelweich)	·	—	—	·	·	·	(s. schw. fast) —	·	
Mastix (S. 205 [a])	·	·	·	—	·	—	·	·	

tragen, bedeutet es, daß der Ausfall der Reaktion sehr wesentlich davon abhängt, wie groß die Fläche, d. h. der Boden der Kavität ist, auf die das Silicatzement gebracht wird.

Ein Fehler, der in sämtlichen Versuchen gleich blieb, ist die Art des Lackanstriches dergestalt, daß ein zweimaliger Lackanstrich das eine Mal etwas dicker als das nächste Mal ausfallen kann. Unter dieselbe Kategorie von Fehlerquellen fällt auch die Konsistenz des Silicates in der Beziehung, daß jedesmal zwischen dem Füllen des Zahnes und Einlegen in die Färbeschälchen eine gewisse Zeit verstreicht, da ja der Verschluß möglichst sorgfältig und genügend sicher gemacht werden muß.

Unter diesen Voraussetzungen wollen die Folgerungen bewertet sein. Tab. 1—3 können gemeinsam behandelt und miteinander verglichen werden. Von 12 Lacken sind 5 als brauchbar zu bezeichnen: Tutol, Sandarak, Mastix, Degussa und Zaponlack. Sämtliche anderen Lacke können im Sinne der Tüpfelreaktion als nicht phosphorsäurefest bezeichnet werden; über das Radisan wird im eigenen Zusammenhange gesprochen. — Interessant ist, daß die Dicke der aufgetragenen Lackschicht keinen Einfluß auf die Tüpfelreaktion zeigt; mit anderen Worten: ein Lack, der sich einmal als positiv erwiesen hat, behält diese Eigenschaft, auch wenn die einfache Schicht verdreifacht wird. Von entscheidendem Einfluß aber ist die Konsistenz des Silicatzementes: es wurde für die überwiegende Mehrzahl aller Versuche ein weiches Silicat verwandt, so wie es in der Praxis überhaupt nie vorkommt, galt es doch, nicht die Güte oder den Säuregehalt des Silicates, sondern die Isolierfähigkeit der Lacke festzustellen. Daß Versuch IV durchweg negativ ausgefallen ist, beweist nur, daß für Aschers künst-

Tabelle 9.

11×24 Std.	12×24 Std.	14×24 Std.	15×24 Std.	16×24 Std.	17×24 Std.	19×24 Std.	20×24 Std.	21×24 Std.	22×24 Std.	24×24 Std.
·	·	·	·	—	—	·	·	fast —	·	fast —
·	·	(schw.) +	+	·	·	+	·	·	+	·
·	+ (+)	·	++	·	·	·	·	·	·	·
–	·	·	·	·	·	—	·	·	·	—
·	·	—	·	·	·	—	·	·	·	·
schw. +	·	·	·	schw. +	·	·	+	++	·	++
·	·	(fast) —	·	(fast) —	(s. schw. fast) —	·	·	fast —	·	fast —
·	·	—	·	—	—	·	·	—	·	—
(fast) —	·	schw. +	·	·	·	schw. +	·	+	·	+
·	·	·	—	·	(s. schw. fast) —	·	·	·	fast —	·
–	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·

lichen Zahnschmelz bei praktisch sehr harter (nicht verwendbarer) Konsistenz keine freie Phosphorsäure nachweislich abgegeben wird. Daran ändert selbstverständlich ein Lackanstrich gar nichts; ebenso spielt die Dauer der Einwirkung keine Rolle. Diese Zeit beeinflußt die positiven (phosphorsäuredurchlässigen) Lacke nicht nennenswert; beispielsweise lesen wir aus Tab. 1 für Havard Silicatlack bei 20 Stunden ++ und bei 4mal 24 Stunden ++++, entsprechend aus Tab. 2 +++ und ++++. In der Spezialtabelle für die Dauer der Einwirkung (Tab. 6) ist zu lesen, daß der Beginn der erfaßbaren Phosphorsäurediffusion zwischen 9 Stunden und, so können wir auf Grund der Tab. 2 sagen, 24 Stunden liegt; aus technischen Gründen konnte die genaue Grenze nicht ermittelt werden, wichtig ist ja auch nur, daß Tab. 2 und 6 in ihren Grundzügen übereinstimmen. Daß am Schlusse der Versuche die Tonzellen eröffnet wurden zur Prüfung der Diffusion, ob nämlich Aqua dest. innerhalb des Modells nachzuweisen war, sei nur nebenbei erwähnt.

Die Frage, ob es brauchbare Lacke als Phosphorsäureschutz gibt, war also nach den Phantomversuchen zu bejahen. Offen war noch, ob sich diese Ergebnisse ohne weiteres auf die Zähne übertragen ließen. Wir haben uns die Hälfte der untersuchten Lacke herausgenommen in der Überlegung, daß von mehreren früher positiven Lacken nur einer auf seine Brauchbarkeit in bezug auf den Zahn zu untersuchen sei. Um die Antwort vorweg zu nehmen: die Zahnversuche stimmen mit den Modellversuchen in den Ergebnissen prinzipiell überein. Dazu ist folgendes zu sagen: Die Menge Silicat, die als Probe benutzt wurde, ist sehr viel kleiner als die Probe bei den Tonzellversuchen und wiederum größer als die Füllungen in der Praxis. Wir werden also bei den Tüpfelreaktion-Kontrollen der

Tabelle 10.

	24 Std.	5×24 Std.	8×24 Std.	13×24 Std.	15×24 Std.	20×24 Std.	22×24 Std.	26×24 Std.
Prämolar, weich	—	—	(fast) —	schwach +	fast —	(sehr schw. fast) —	(sehr schw. fast) —	—
	2×24 Std.	7×24 Std.	9×24 Std.	14×24 Std.	16×24 Std.	20×24 Std.		
Molar, weich	fast —	+	+	++	++	+++	.	.
	2×24 Std.	7×24 Std.	9×24 Std.	13×24 Std.	15×24 Std.	20×24 Std.	22×24 Std.	
Molar $\overline{8}$|, mittelweich . .	(sehr schw. fast) —	(sehr schw. fast) —	—	—	(sehr schw. fast) —	—	(sehr schw. fast) —	.
	2×24 Std.	7×24 Std.	9×24 Std.	13×24 Std.	15×24 Std.	20×24 Std.	22×24 Std.	
Molar, weich	—	—	(sehr schw. fast) —	(fast) —	(fast) —	(fast) —	(fast) —	.
	2×24 Std.	6×24 Std.	8×24 Std.	13×24 Std.	15×24 Std.			
Prämolar, sehr weich . .	—	—	—	—	—		.	.

Tab. 9 nicht dieselben Grade der positiven Ergebnisse zu erwarten haben. Immerhin beginnt nach ungefähr 7 mal 24 Stunden die Phosphorsäure deutlich nachweisbar zu werden (cf. Tab. 6).

Ungleich schwieriger ist die Beziehung zwischen extrahierten und lebenden Zähnen herzustellen. Die Diffusion der Phosphorsäure durchs Dentin zur Pulpa ist kein rein physikalisch-chemischer, sondern ein biochemischer Vorgang, bei dem die Lebensvorgänge innerhalb der Zahngewebe entscheidenden Einfluß ausüben. Es ist also klar, daß bei Versuchen mit extrahierten Zähnen, auch wenn diese in NaCl aufbewahrt werden, Stoffwechsel und Blutzirkulation wegfallen. Im Gegensatz dazu hatten wir es bei den mit Formalin vorbehandelten Zähnen aber nicht nur mit leblosen, sondern auch in ihrer Struktur physikalisch und chemisch vollkommen veränderten Objekten zu tun. Man kann sich die Formalinwirkung sehr einfach veranschaulichen, indem man Gelatine in das Konservierungsmittel einlegt. Gelatine, die in Formalin gelegen hat, wird irreversibel hart, läßt sich nicht mehr durch Wasser erweichen. Übertragen auf den Zahn bedeutet also Formalinvorbehandlung eine irreversible Umwandlung der organischen Substanz im Sinne einer Härtung, die Diffusionsvorgänge usw. von Grund auf umgestaltet. In diesem Lichte gesehen finden die unbrauchbaren Resultate des VII. Versuches ihre Erklärung.

Ganz allgemein läßt sich sagen, daß der Säfteaustausch zwischen Pulpencavum und Periodontium — für unsere Experimente bedeutet das die Diffusionsvorgänge in den Zahn-

substanzen — beim toten Zahn mit Vorgängen beim Flüssigkeitsaustausch in einer Tonzelle übereinstimmen. Die Diffusionswirkung geschieht auf capillarem Wege, Zement und Dentin wirken als poröse Scheidewand, wie sich leicht durch Versuche mit Zähnen beweisen läßt, deren Wurzelkanal mit Natriumnitrit gefüllt ist und die unter bestimmten Kautelen in Wasser gestellt werden. Man kann so den Eintritt von Natriumnitrit ins Wasser und umgekehrt feststellen. So ergibt sich eine Beziehung zwischen Modell- und Zahnversuchen, die in den Kontrollen zum Ausdruck kommt. Das Ergebnis, das durch die Modellversuche erhalten wurde, ist durch die Schlußversuche nur bekräftigt worden. Die positiven Lacke der Versuche I—III sind auch im IX. Versuch positiv in Erscheinung getreten. Umgekehrt blieben Tutol, Degussa und Mastix durch sämtliche Kontrollen hindurch negativ. Das kann auch als Beweis dafür gelten, daß im Sinne der Versuche I—III die übrigen Lacke positiv bzw. negativ bleiben würden, selbst wenn sie nicht besonders im Zahnversuch berücksichtigt wurden.

Es bleibt noch ein abschließendes Urteil über Radisan. Aus der Tab. 10, in der alle Kautelen zur exakten Präparierung des Untersuchungsmodelles angewandt wurden, geht hervor, daß der Esterlack einen hinreichenden Schutz für die Pulpa gegenüber dem Eindringen von Phosphorsäure bietet. Dieser X. Versuch ist der einzig maßgebende Radisanversuch, da bei allen anderen nicht berücksichtigt war, daß man den Esterlackanstrich nur innerhalb eines feuchten, organischen Mediums als genügend isolierend ansprechen kann. Darüber gaben die Ausführungen auf S. 203 Aufschluß. Dieses vorausgesetzt, ist das Ergebnis für Radisan bei variabler Silicatkonsistenz als gut zu bezeichnen (bei Tab. 10, 2 mag eine Versuchsungenauigkeit vorgelegen haben). Radisan ist nach unseren Versuchen mit Sicherheit als Pulpenschutz nur anzuwenden, wenn die Kavitäten in der geschilderten Art genau präpariert wurden und doppelter Esterlackanstrich angewandt wurde. Als Beweis hierfür dient die letzte Tabelle, bei der die Kontrollschwankungen auf ein Mindestmaß herabgedrückt in Erscheinung treten.

Zusammenfassung.

1. Silicatfüllungen bei lebenden Zähnen bedeuten eine Gefahr für die Vitalität der Pulpa, bedingt durch die Phosphorsäurediffusion.

2. Sicherer Schutz gegen den Pulpentod sind die Unterfüllungen; als flüssige Unterfüllungen kommen die Lacke in Betracht.

3. Von 12 verschiedenen untersuchten Lacken haben sich 5 als phosphorsäureundurchlässig erwiesen: Sandarak, Mastix, Degussalack, Tutol und Zaponlack. Nachweis an Modellen und Zähnen.

4. Die Mehrzahl der sog. Zahnlacke bietet keinen Schutz gegenüber dem Eindringen der Phosphorsäure, ist also nicht brauchbar.

5. *Schroeders* Radisan ist nach Vorbehandlung der Kavität mit organischer Flüssigkeit (z. B. Milchsäure) ebenfalls als Unterfüllung verwendbar.

Herrn Prof. *Schroeder* und Herrn Prof. *Adrion* bin ich für die freundliche Anleitung und zahlreiche Anregungen während der Arbeit zu außerordentlichem Dank verpflichtet.

Literaturverzeichnis.

Adrion, Walter, Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1921**. — *Brun, Hermann,* Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1930**. — *Brunst, E.,* Korresp.bl. Zahnärzte **1926**. — *Dieck, Wilhelm,* Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1922**. — *Dobkowsky, Th.,* Korresp.bl. Zahnärzte **1931**. — *Eckert,* Zahnärztl. Rdsch. **1931**. — *Feigl, Fritz,* Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktion. **1931**. — *Feiler, Erich,* Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1910**. — *Filderman, Jacques,* Rev. Odont. **1925**. — *Fränzel, Ernst,* Dtsch. zahnärztl. Wschr. **1913**. — *Frey, Antal,* Fogorv. Szemle (ung.) **1930**. — *Hansmann, W.,* Zahnärztl. Rdsch. **1931**. — *Kulka, Max,* Österr. Z. Stomat. **1913** — Zahnärztl. Rdsch. **1928**. — *Lartschneider, J.,* Österr.-ung. Vjschr. Zahnheilk. **1907**. — *Linka,* Zahnärztl. Rdsch. **1929**. — *Palazzi,* Semaine dent. **1925**. — *Pape, Martin,* Dtsch. zahnärztl. Wschr. **1931**. — *Paschke, Heinz,* Zahnärztl. Rdsch. **1926**. — *Praeger, Wolfgang,* Dtsch. zahnärztl. Wschr. **1930**. — *Rebel, Hans-H.,* Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1922**. — *Truffert* et *Gelley,* Rev. Odont. **1925**. — *Weikart, Paul,* Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1930**. — *Witz, Otto,* Zahnärztl. Rdsch. **1931**. — *Wustrow, Paul,* Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1922**.

Lebenslauf

Am 14. Februar 1909 wurde ich in Berlin als Sohn des Zahnarztes Dr. Alfred Gebert und seiner Frau Helene, geb. Hollitscher, geboren. Ich besuchte das Mommsen-Gymnasium in Berlin-Charlottenburg, wo ich am 19. März 1927 das Reifezeugnis erhielt. Danach studierte ich Zahnmedizin an der Universität Berlin und bestand dort das Staatsexamen am 19. Dezember 1930.